

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minuman Beroksigen

Sebagian besar massa tubuh manusia adalah air. Air berperan sangat penting dalam proses metabolisme tubuh. Fungsi utama air dalam proses metabolisme adalah sebagai pelarut. Oleh karena itu, metabolit yang harus ada dalam proses metabolisme harus bisa dibawa oleh air walaupun metabolit tersebut sukar larut dalam air seperti oksigen.¹

Karena oksigen bersifat nonpolar maka kelarutan oksigen dalam air sangat rendah. Kelarutan oksigen dalam air terjadi karena molekul oksigen terjebak dalam struktur cincin molekul air. Konsentrasi oksigen dalam air tergantung pada temperatur. Konsentrasi oksigen pada air hangat lebih sedikit dibandingkan dengan air dingin. Pada suhu 0°C, kelarutan oksigen dalam 100 gr air adalah 6,945 mg (69,45 ppm) dan pada suhu 30°C kelarutan oksigen dalam air turun menjadi 35,88 ppm bahkan pada suhu 100°C tidak ada lagi oksigen yang terlarut dalam air.¹

Manusia sangat membutuhkan oksigen terutama untuk proses oksidasi. Didalam tubuh, oksigen diangkut dari paru paru ke jaringan oleh darah. Pada minuman beroksigen, oksigen akan berdifusi ke dalam darah melalui absorpsi di

saluran intestinal. Pada penelitian sebelumnya ditemukan adanya peningkatan waktu ketahanan sebesar 11% pada latihan fisik yang mengkonsumsi oksigen.^{1, 10,}

11

2.2 Fisiologi Paru dan Kardiovaskuler

2.2.1 Ventilasi paru

Tujuan dari pernapasan adalah untuk menyediakan oksigen bagi jaringan dan membuang karbondioksida. Untuk mencapai tujuan ini pernapasan dibagi menjadi empat fungsi utama,yaitu:¹²

1. ventilasi paru, yang berarti masuk dan keluarnya udara antara atmosfer dan alveoli paru
2. difusi oksigen dan karbondioksida antara alveoli dan darah
3. pengangkutan oksigen dan karbondioksida dalam darah ke dan dari sel jaringan tubuh
4. pengaturan ventilasi

Paru dapat dikembangkan kempiskan melalui dua cara

1. dengan gerakan naik turunnya diafragma
2. dengan elevasi dan depresi tulang iga

pernapasan tenang dan normal dapat dicapai dengan hampir sempurna melalui metode pertama. Selama inspirasi kontraksi diafragma menarik permukaan bawah

paru ke arah bawah kemudian selama ekspirasi diafragma mengadakan relaksasi dan sifat elastisitas daya lenting paru, dinding dada, dan struktur abdomen akan menekan paru dan mengeluarkan udara.¹²

Metode kedua untuk mengembang kempiskan paru adalah dengan mengelevasi dan mendepresi rangka iga. Hal ini dilakukan oleh otot otot pernapasan. Otot pernapasan dibagi menjadi dua kelompok yaitu otot otot inspirasi dan otot otot ekspirasi. Otot otot inspirasi terdiri dari otot *intercostalis externus*, *sternocleidomastoid*, *serratus anterior*, dan otot *scalenus*. Sedangkan otot otot ekspirasi terdiri dari otot *rectus abdominis* dan *intercostalis internus*.¹²

2.2.2 Volume dan kapasitas paru

Terdapat empat volume paru apabila dijumlahkan sama dengan volume maksimal paru yang mengembang. Arti dari masing masing volume tersebut adalah¹²

1. volume tidal adalah volume udara yang diinspirasi dan diekspirasi setiap kali bernapas
2. volume cadangan inspirasi adalah volume udara ekstra yang dapat diinspirasi setelah dan diatas volume tidal normal
3. volume cadangan ekspirasi adalah volume udara ekstra maksimal yang dapat diekspirasi melalui ekspirasi kuat pada akhir ekspirasi
4. volume residu adalah volume udara yang masih tetap di dalam paru setelah ekspirasi paling kuat

Untuk kapasitas paru dibagi menjadi 4, yaitu

1. kapasitas inspirasi, sama dengan volume tidal ditambah volume cadangan inspirasi
2. kapasitas residu fungsional, sama dengan volume cadangan ekspirasi ditambah volume residu
3. kapasitas vital, sama dengan volume cadangan inspirasi ditambah volume tidal dan volume cadangan ekspirasi
4. kapasitas paru total, sama dengan jumlah dari keseluruhan volume paru

2.2.3 Difusi udara melalui membran pernapasan

Membran pernapasan terdiri dari

1. lapisan cairan yang melapisi alveolus dan berisi surfaktan yang berfungsi mengurangi tegangan permukaan paru
2. epitel alveolus
3. membran basal epitel
4. ruang interstisial antara epitel alveolus dan membran kapiler
5. membran basal kapiler
6. membran endotel kapiler

mekanisme difusi udara pada paru terjadi karena perbedaan tekanan oksigen dan karbondioksida pada alveolus dan pembuluh darah kapiler paru.¹²

2.2.4 Mekanisme sirkulasi

Sistem sirkulasi secara garis besar dibagi menjadi dua yaitu sistem sirkulasi sistemik dan sistem sirkulasi pulmonal. Pada sistem sirkulasi sistemik maka darah akan dipompa dari jantung menuju ke jaringan seluruh tubuh sedangkan pada sistem sirkulasi pulmonal darah akan dipompa dari jantung menuju paru. Di paru paru inilah akan terjadi proses difusi antara oksigen dan karbondioksida.¹²

Terdapat beberapa prinsip dasar yang mendasari keseluruhan fungsi dari sistem sirkulasi. Prinsip ini menyatakan bahwa kecepatan aliran darah ke jaringan tubuh hampir selalu diatur sesuai dengan kebutuhan jaringan tubuh. Selain itu pada umumnya tekanan arteri dikendalikan secara mandiri baik dengan pengaturan aliran darah setempat ataupun pengaturan curah jantung.¹²

2.3 Latihan Fisik

Latihan fisik adalah pergerakan tubuh yang dilakukan oleh otot dengan terencana dan berulang yang menyebabkan peningkatan pemakaian energi dengan tujuan memperbaiki kebugaran fisik.¹³

Pada umumnya latihan fisik menggambarkan proses metabolik yang menyediakan energi untuk konsentrasi otot seperti aerobik maupun anaerobik.¹⁴ Derajat beratnya latihan fisik dibuat berdasarkan pada keluaran energi, kekuatan, dan nadi.¹⁵

2.4 Latihan Fisik Aerobik dan Anaerobik

Berdasarkan bagaimana energi gerak dapat dihasilkan latihan fisik dikelompokkan menjadi dua, yaitu latihan fisik aerobik dan anaerobik. Latihan fisik aerobik terjadi bilamana reaksi biokimiawi penghasil energi gerak adalah dengan melibatkan unsur oksigen. Latihan fisik aerobik dapat terlaksana pada latihan fisik yang berlangsung lebih dari empat menit dan bersifat terus menerus.¹⁶

Latihan fisik anaerobik terjadi bilamana timbulnya energi gerak pada latihan fisik tanpa menggunakan oksigen. Energi gerak pada latihan fisik anaerobik dihasilkan melalui proses metabolisme sistem fosfagen dan glikogen-asam laktat sehingga waktu yang digunakan untuk latihan fisik sangat singkat rata-rata kurang dari empat menit.¹⁶

2.5 Sistem Metabolisme Otot Pada Kerja Fisik

Di dalam otot terdapat sistem metabolik dasar yang sama seperti di dalam semua bagian tubuh yang lain. Terdapat tiga sistem metabolik yang bersifat sangat penting untuk memahami batasan aktivitas fisik. Sistem ini adalah sistem fosfagen, sistem glikogen-asam laktat, dan sistem aerobik.¹⁰

2.5.1 Sistem fosfagen

Sumber dasar energi otot adalah *Adenosine Triphosphate* (ATP). Jumlah ATP yang terdapat pada otot seorang atlet yang terlatih dengan baik hanya cukup untuk mempertahankan daya otot yang maksimal selama tiga detik.

Oleh karena itu, penting bahwa ATP yang baru terus menerus harus dibentuk. Ketika ATP terurai menjadi *Adenosine Diphosphate* (ADP) dan *Adenosine Monophosphate* (AMP) dihasilkan energi yang dapat digunakan untuk kontraksi otot skeletal selama latihan fisik. Tiap molekul ATP yang terurai diperkirakan menghasilkan energi sebesar 7-12 kalori.^{3, 10}

Selain ATP otot skeletal juga mempunyai senyawa fosfat berenergi tinggi lain yaitu *Creatine Phosphate* (CP) yang dapat digunakan untuk menghasilkan ATP. gabungan antara ATP dan CP disebut sistem energi fosfagen. Sistem ATP-CP merupakan sistem energi anaerobik.^{3, 10, 17}

2.5.2 Sistem Glikogen- Asam Laktat

Glikogen yang disimpan di dalam otot dapat dipecah menjadi glukosa dan glukosa kemudian digunakan untuk energi. Tahap awal proses ini disebut glikolisis. Selama glikolisis setiap molekul glukosa dipecah menjadi dua molekul asam piruvat dan energi dilepaskan untuk membentuk empat molekul ATP. kemudian asam piruvat akan masuk ke mitokondria sel otot dan bereaksi dengan oksigen untuk membentuk lebih banyak molekul ATP. Akan tetapi, bila terdapat oksigen yang cukup untuk melangsungkan tahap kedua metabolisme glukosa ini, sebagian besar dari asam piruvat akan diubah menjadi asam laktat.¹⁰

Karakteristik dari sistem glikogen-asam laktat adalah bahwa sistem ini dapat membentuk molekul ATP kira kira 2,5 kali lebih cepat daripada yang dapat dilakukan oleh mekanisme oksidatif mitokondria.¹⁰

2.5.3 Sistem aerobik

Sistem aerobik berarti oksidasi dari bahan makanan di dalam mitokondria untuk menghasilkan energi. Dalam sistem aerobik dibutuhkan O_2 untuk menguraikan glikogen/glukosa menjadi CO_2 dan H_2O melalui siklus *krebs* dan sistem transpot elektron.¹⁰

Waktu yang diperlukan untuk membentuk ATP pada sistem aerobik lebih lambat dibandingkan dengan sistem fosfagen dan sistem glikogen asam-laktat, tetapi jumlah ATP yang dihasilkan lebih banyak.¹⁰

2.6 Pengaruh Latihan Fisik Terhadap Sistem Respirasi

Pada latihan fisik jumlah oksigen yang berdifusi ke aliran darah paru meningkat. Hal ini dikarenakan jumlah oksigen yang ditambahkan pada tiap unit darah dan aliran darah paru per menit meningkat.¹⁷

Pada tahap awal latihan fisik terdapat kenaikan ventilasi yang tiba tiba selanjutnya diikuti dengan kenaikan yang perlahan. Sedangkan pada latihan fisik sedang peningkatan ventilasi disebabkan karena dalamnya pernapasan kemudian diikuti oleh peningkatan kecepatan pernapasan pada latihan fisik berat. Peningkatan mendadak pada permulaan latihan fisik diduga disebabkan karena rangsangan aferen propioseptor dalam otot, tendo dan sendi, dan juga oleh rangsangan psikis. Peningkatan ventilasi sebanding dengan peningkatan konsumsi

oksigen, tetapi mekanisme yang bertanggung jawab untuk perangsangan pernapasan ini merupakan masalah yang masih banyak dipertentangkan.¹⁸

Pada saat melakukan latihan fisik maka tubuh akan membutuhkan lebih banyak oksigen dan terjadi pula peningkatan karbondioksida. Tujuan pernapasan adalah mempertahankan konsentrasi oksigen, karbondioksida, dan ion hidrogen yang sesuai dengan jaringan sehingga proses metabolisme tubuh bekerja dengan baik.¹²

Kelebihan karbondioksida atau kelebihan ion hidrogen dalam darah terutama bekerja langsung pada pusat pernapasan menyebabkan kekuatan sinyal motorik inspirasi dan ekspirasi ke otot-otot pernapasan meningkat.¹²

Sebaliknya dengan oksigen tidak mempunyai efek langsung yang bermakna terhadap pusat pernapasan di otak dalam pengaturan pernapasan. Justru oksigen bekerja pada kemoreseptor perifer yang terletak pada badan karotis dan aorta kemudian mentransmisikan sinyal saraf yang sesuai dengan pusat pernapasan untuk mengatur pernapasan.¹²

2.7 Pengaruh Latihan Fisik Terhadap Sistem Kardiovaskuler

Latihan fisik merupakan stress fisiologis yang dapat menimbulkan kelainan yang tidak ada pada saat istirahat dan dapat digunakan untuk menentukan fungsi jantung. Fungsi kardiovaskuler pada saat latihan fisik adalah

untuk memompa darah yang mengandung oksigen menuju ke jaringan sehingga aliran darah menuju otot meningkat selama latihan fisik.^{10, 12}

Selama latihan fisik perubahan yang terjadi pada sistem kardiovaskuler dibagi menjadi dua, yaitu pada jantung dan sistem sirkulasi. Perubahan pada jantung terdiri dari peningkatan denyut jantung, peningkatan *cardiac output*, dan peningkatan aliran darah koroner.¹²

Peningkatan denyut jantung sesuai dengan beratnya latihan fisik. Selain itu peningkatan denyut jantung juga dipengaruhi oleh sekresi adrenalin pada awal latihan fisik dan peningkatan suhu tubuh pada latihan fisik yang beranjut.^{19, 20} Peningkatan denyut jantung meningkatkan volume per menit curah jantung dimana peningkatan curah jantung lebih sering disebabkan oleh peningkatan denyut jantung dan isi sekuncup. Namun, peningkatan curah jantung ini lebih besar disebabkan oleh meningkatnya denyut jantung daripada peningkatan isi sekuncup dimana peningkatan isi sekuncup hanya sebesar 10-30% dari nilai normal sedangkan peningkatan denyut jantung sekitar 70%.^{10, 15}

Pada saat latihan fisik terdapat banyak sekali massa otot yang seluruhnya membutuhkan sejumlah besar aliran darah hal ini menyebabkan diperlukannya penyesuaian sirkulasi seluruh tubuh selama latihan fisik. Terdapat tiga efek utama yang penting bagi sistem sirkulasi untuk menyediakan banyak aliran darah yang dibutuhkan oleh otot.¹² Efek efek ini adalah

1. perangsangan kuat sistem saraf simpatis diseluruh tubuh dengan akibat efek perangsangan pada seluruh sirkulasi

2. peningkatan tekanan arteri
3. peningkatan curah jantung

Selama istirahat, aliran darah di beberapa kapiler otot hanya sedikit atau tidak ada sama sekali. Namun selama latihan fisik yang berat, seluruh kapiler terbuka. Terbukanya kapiler yang dorman ini mengurangi jarak difusi oksigen dan zat makanan lainnya dari kapiler ke serabut serabut otot yang berkontraksi dan kadang kadang menyebabkan perluasan daerah permukaan kapiler.¹²

Peningkatan hebat aliran darah di otot yang terjadi selama aktivitas otot rangka terutama disebabkan oleh pengaruh kimiawi yang bekerja secara langsung pada arteriol otot yang menyebabkan dilatasi. Salah satu faktor kimia yang paling penting adalah berkurangnya oksigen di jaringan otot. Kekurangan oksigen akan menyebabkan pelepasan berbagai zat vasodilator. Zat vasodilator yang paling penting adalah adenosin.¹²

2.8 Volume Oksigen Maksimal (VO_2 Max)

Volume oksigen maksimal adalah kecepatan pemakaian oksigen dalam metabolisme aerob maksimum. Volume oksigen maksimal merupakan ukuran yang sering digunakan pada kebugaran aerob dan menunjukkan rata rata energi maksimal yang ditimbulkan oleh sistem energi aerob. Volume oksigen maksimal ditentukan oleh sistem respirasi dan kardiovaskuler terhadap pengiriman oksigen ke otot rangka yang mengalami kontraksi serta kemampuan otot dalam

mengonsumsi oksigen. Pengukuran volume oksigen maksimal biasanya untuk menilai ketahanan latihan fisik dimana volume oksigen maksimal dapat dipengaruhi oleh umur, jenis kelamin, kebiasaan latihan fisik, hereditas, dan status klinis.^{15, 18, 21, 22}

Volume oksigen maksimal lebih banyak dipengaruhi oleh sistem jantung dibandingkan dengan sistem pernapasan. Hal ini disebabkan oleh karena jumlah oksigen yang digunakan tubuh tidak pernah melebihi nilai rata-rata oksigen yang dikirim oleh sistem jantung ke jaringan. Hal ini menunjukkan bahwa ketahanan seseorang dalam melakukan latihan fisik terutama tergantung pada jantung mereka.¹⁰

Selama menit-menit pertama latihan fisik konsumsi oksigen meningkat hingga akhirnya tercapai keadaan *steady state* dimana konsumsi oksigen sesuai kebutuhan latihan. Bersamaan dengan keadaan *steady state* ini terjadi pula adaptasi ventilasi paru, denyut jantung, dan *cardiac output*. Keadaan dimana konsumsi oksigen telah mencapai nilai maksimal tanpa bisa naik lagi meskipun dengan penambahan intensitas latihan fisik inilah yang disebut $VO_2\text{Max}$.¹⁰

2.8.1 Faktor-faktor yang mempengaruhi $VO_2\text{Max}$

Beberapa faktor yang mempengaruhi $VO_2\text{Max}$ antara lain

1. umur

Pada penelitian sebelumnya nilai $VO_2\text{Max}$ pada anak usia 8-16 tahun yang tidak dilatih menunjukkan kenaikan progresif dan linear dari

puncak kemampuan aerobik sehubungan dengan umur pada anak laki laki dan perempuan. Puncak nilai VO_2Max dicapai kurang lebih pada usia 18-20 tahun pada kedua jenis kelamin. Secara umum kemampuan aerobik turun secara perlahan setelah usia 25 tahun.^{23, 24}

2. Jenis kelamin

Rata rata kemampuan aerobik perempuan sekitar 20% lebih rendah dibandingkan dengan laki laki pada usia yang sama. Hal ini dikarenakan perbedaan hormonal yang menyebabkan wanita memiliki konsentrasi hemoglobin lebih rendah dan lemak tubuh lebih banyak.¹⁰

3. Suhu

Peningkatan kadar progesteron pada masa luteal menstruasi akan meningkatkan suhu basal tubuh. Hal ini dikarenakan *progesterone* mempunyai efek termogenik. Efek termogenik dari *progesterone* akan meningkatkan BMR sehingga akan berpengaruh pada sistem kardiovaskuler dan akhirnya akan berpengaruh pada VO_2Max .¹⁰

4. Latihan fisik

Latihan fisik dapat meningkatkan VO_2Max . Namun, VO_2Max ini tidak terpaku pada nilai tertentu, tetapi dapat berubah sesuai dengan derajat aktivitas fisik.^{23, 24}

5. Hereditas

Batas untuk mengembangkan kapasitas kebugaran terkait dengan genetik. Seseorang mungkin saja mempunyai potensi yang lebih besar dari orang lain untuk mengkonsumsi oksigen yang lebih tinggi, mempunyai kapasitas paru yang lebih besar, menyuplai hemoglobin dan sel darah merah yang lebih banyak, dan mempunyai suplai pembuluh kapiler yang lebih baik terhadap otot.^{23, 24}

6. Komposisi tubuh

Perbedaan komposisi seseorang menyebabkan konsumsi oksigen yang berbeda. Otot yang kuat akan memiliki $VO_2\text{Max}$ lebih tinggi dibandingkan tubuh yang memiliki kandungan lemak yang lebih banyak.²⁴

7. Sel darah merah

Peningkatan sel darah merah akan menyebabkan peningkatan *oxygen-carrying capacity* sehingga terjadi peningkatan nilai $VO_2\text{Max}$.²⁵

2.8.2 Faktor Faktor Yang Menentukan $VO_2\text{Max}$

1 Kardiovaskuler

Curah jantung merupakan faktor yang berpengaruh pada sistem kardiovaskuler. Curah jantung dipengaruhi oleh denyut jantung dan isi volume sekuncup. Sehingga dengan meningkatnya beban kerja, denyut jantung akan meningkat hingga mencapai maksimal. Isi volume sekuncup

akan meningkat sedikit ketika 75% VO_2Max telah tercapai. Penyebab utama peningkatan isi volume sekuncup selama latihan fisik adalah kontraktilitas miokardium dan peningkatan arus balik vena.^{5, 26}

2 Pulmonal

Faktor yang berpengaruh pada sistem ini adalah kemampuan sistem respirasi dalam membawa oksigen menuju ke darah, yaitu perbedaan antara arterial dan venous oksigen content ($\text{CaO}_2\text{-CvO}_2$).²⁷

Pada latihan fisik yang meningkat akan menyebabkan peningkatan pada $\text{CaO}_2\text{-CvO}_2$. Hal ini disebabkan karena menurunnya *mixed venous oxygen content* sebagai hasil dari redistribusi curah jantung dari jaringan yang menghasilkan sedikit oksigen ke jaringan yang menghasilkan banyak oksigen.²⁷

2.9 Pengukuran Nilai Konsumsi Oksigen Maksimal

Sebagai pertimbangan dalam mengukur VO_2Max adalah tes harus diciptakan demikian rupa sehingga tekanan pada pasokan oksigen ke otot jantung harus berlangsung maksimal. Kegiatan fisik yang memenuhi kriteria ini harus:

1. melibatkan minimal 50 % dari total massa otot. Aktivitas yang memenuhi kriteria ini adalah lari, bersepeda, mendayung. Cara yang paling umum dilakukan dengan lari di *treadmill*, yang bisa diatur kecepatan dari sudut inklinasinya

2. Lamanya tes harus menjamin terjadinya kerja jantung maksimal.

Umumnya berlangsung 6 sampai 12 menit.

Beberapa tes untuk mengukur $VO_2\text{max}$ adalah menggunakan metode *cooper test*, *Harvard step test*, dan *Ergocycle Astrand*. Salah satu cara untuk mengukur $VO_2\text{Max}$ adalah **metode Cooper Test**, metode ini cukup sederhana dan tidak memerlukan alat. Dimana atlet melakukan lari selama 12 menit pada lintasan lari sepanjang 400 meter. Setelah waktu habis jarak yang dicapai oleh atlet tersebut dicatat.²⁸

Rumus sederhana untuk mengetahui $VO_2\text{Max}$ nya adalah :

$$\frac{\text{Jarak yang ditempuh dalam meter} - 504,9}{44,73}$$

2.10 Manfaat Minuman Beroksigen

Pada penelitian sebelumnya dikatakan bahwa oksigen yang terkandung dalam minuman beroksigen dapat berdifusi ke dalam darah melalui absorpsi di saluran intestinal dan mukosa lainnya setelah dikonsumsi.¹ Oksigen ini diperlukan tubuh untuk proses oksidasi. Menurut Jenkins A, dkk melaporkan bahwa dijumpai peningkatan waktu ketahanan sebesar 11% pada latihan fisik yang mengkonsumsi minuman beroksigen.¹¹